



Katı ortam kültüründe NaCl'ün domates bitkisinin verim ve meyve kalitesi üzerine etkileri

Ahmet Korkmaz*, Arife Karagöl, Ayhan Horuz

Ondokuzmayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Atakum, Samsun
*Sorumlu yazar/corresponding author: akorkmaz@omu.edu.tr

Geliş/Received 09/09/2015

Kabul/Accepted 29/11/2015

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, katı ortam kültüründe besin çözeltisine artan dozlarda ilave edilen sodyum klorür (NaCl)'ün domates bitkisinde verim ve bazı kalite özelliklerine etkilerini belirlemektir. Bu amaçla sera şartlarında tesadüf parselleri deneme desenine göre düzenlenen çalışmada, domates bitkisine verilen besin çözeltisine 3 tekerrürlü olarak 4 dozda (0, 14.1, 44.4 ve 40.4 mM) NaCl ilave edilmiştir. Besin çözeltisine NaCl ilavesi domates verimini önemli derecede azaltmıştır. Verimdeki azalma NaCl'ün 14.1 mM dozunda önemsizdir. Besin çözeltisine NaCl ilavesi gövde + yaprak kuru madde miktarını 14.1 mM doz seviyesinde önemli derecede artırmış, fakat yüksek dozlarda önemli derecede azaltmıştır. Besin çözeltisine NaCl ilavesinin kök kuru madde miktarına etkisi düşük dozlarda önemsiz, fakat yüksek dozda önemli bulunmuştur. Domates meyve suyu pH'sı NaCl ilavesi ile önemli derecede azaltmıştır. Meyvede çözünebilir katı oranını (brix) NaCl önemli derecede artırmıştır. Ancak, çiçek burnu çürüklüğü görülen meyve sayısı NaCl ilavesi ile önemli derecede artmıştır.

Anahtar Sözcükler:
Domates
Kalite
Meyve verimi
NaCl stresi
Substrat kültürü

Effect of NaCl in solid media culture on the yield and fruit quality of tomato plant

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the effects of increasing doses of NaCl added to the nutrient solutions on the yield and fruit quality of tomato plant grown in substrate culture. The experiment was arranged in a randomized plots design with four NaCl doses (0, 14.1, 44.4 and 40.4 mM) and 3 replicates under greenhouse conditions. Supplementing the nutrient solution with NaCl decreased the yield of tomato significantly. The decrease in fruit yield is insignificant for the 14.1 mM dose of NaCl. Supplementation of NaCl increased the amount of stem and leaf dry matter of tomato significantly at 14.1 mM, but decreased it in high doses. The effect of NaCl supplement on the amount of root dry matter was found to be insignificant in low doses whereas it was significant in high doses. Supplementation of NaCl reduced the pH of tomato juice significantly. With NaCl, the rate of soluble solids (brix) in fruits increased significantly. However, the number of fruits with blossom-end rot was significantly increased by additional NaCl.

Keywords:
Tomato
Quality
Fruit yield
NaCl stress
Substrate culture

© OMU ANAJAS 2016

1. Giriş

Üretimin doğrudan besin eriyiklerinde gerçekleştirilmesi su kültürü (hidroponik), sulamanın besin eriyikleri ile yapılması koşuluyla perlit, kum, çakıl, kayayünü, talaş ve torf gibi ortamlarda gerçekleştirilmesi katı ortam kültürü olarak

alandırılır (Sevgican, 1999).

Olumsuz etkileri bulunmakla birlikte yüksek EC'li besin çözeltisi uygulamasından özellikle domates yetiştiriciliğinde dikim sonrasında vejetatif ve generatif gelişmeyi dengeleyerek meyve tutumunu teşvik etmek, ayrıca meyve kalitesini artırmak amacıyla faydalanılmaktadır. Tuz stresinin domates

meyvelerinde şeker, organik asit, kuru madde ve antioksidan içeriğini artırdığı, meyvelerin homojen bir şekilde kızarmasını sağladığı bilinmektedir. Bu nedenle topraksız tarım tekniği ile domates yetiştiriciliğinde meyve kalitesini artırmak için besin çözeltilisinin EC'sini artırma yoluna gidilmektedir. Bu işlem (1) besin çözeltilisine ilave edilen gübre miktarını artırma veya (2) besin çözeltilisine sodyum klorür (NaCl) tuzu ilave etme şeklinde gerçekleştirilmektedir. İkinci yol, daha ucuz olduğundan daha fazla tercih edilmektedir (Gül, 2012).

Bireysel besinlere ilaveten domatesin kök bölgesinde toplam tuz konsantrasyonu meyve kalitesi için önemli bir faktördür. Kök bölgesinde tuzluluğun orta seviyelerde artırılması domatesin meyve kalitesini artırmıştır (Auerwald ve ark., 1999; Savvas, 2001; Krauss ve ark., 2006). Domatesin kalitesi üzerine tuzluluğun olumlu etkisi meyve suyunda titre edilebilir asit konsantrasyonunun ve şekerin yüksek oluşundan ve ayrıca meyvede kuru madde kapsamının artmasından ileri gelmektedir (Ehret ve Ho, 1986; Adams ve Ho, 1989; Gough ve Hobson, 1990; Krauss ve ark., 2006). Yüksek tuzluluğun domates meyvesinde toplam çözünebilir katılar oranını ve titre edilebilir asitliği artırmasına rağmen, meyvelerin 15 °C'de 2 hafta saklanmasından sonra bu farkın gözden kaybolduğu belirtilmiştir (Cramer ve ark., 2001).

Domates meyvesinin dayanıklılığı üzerinde tuzluluğun etkilerine ilişkin raporlar tartışmalı bulunmuştur. Petersen ve ark. (1998), Botella ve ark. (2000), Schwarz ve ark. (2001), kök bölgesinde tuz düzeyinin artmasıyla domates meyve sağlamlığının arttığını, buna rağmen Krauss ve ark. (2006), ise tuzluluğun meyve sağlamlığını azalttığını bildirmişlerdir. Cuartero ve Fernandez-Munoz (1999), domatesin kök bölgesinde 10 dS/m'nin üzerinde yüksek tuz düzeylerinde meyve sağlamlığının azaldığını rapor etmişlerdir. Diğer çalışmalarda ise kırmızı meyve renginin ve raf ömrünün tuzlulukla arttığı bildirilmiştir (Sonneveld ve Van der Burg, 1991; Botella ve ark., 2000). Ayrıca lekeli olgunlaşma, yaprak kuruması ve meyvede çatlama tuzlulukla azaldığı belirtilmiş olup, diğer yandan domates meyvesinde aşırı kalsiyum fazlalığı nedeniyle lekeler görülebileceği bu lekelerin giderilmesinde tuzluluğun önemli etki sağladığı, tuzluluğun bu etkisinin meyveye kalsiyum taşınımının tuzlulukla azalmasından ileri geldiği de belirtilmiştir (Passam ve ark., 2007). Tuzluluğun bu etkisinin özellikle bitkilerin yüksek tuz maruz kalmaları durumunda ortaya çıktığı da bildirilmiştir. Bunlara ilaveten besin çözeltilisinde toplam tuz konsantrasyonunda artış C vitamini, likopen ve beta-karoten konsantrasyonunu artırmıştır (Passam ve ark., 2007). De Pascale ve ark. (2001), domates

meyvesinde toplam karotenoid ve likopen konsantrasyonunun tuzluluğun orta seviyede artırılmasıyla arttığını fakat tuzluluğun 3 kat artırılması durumunda ise azaldığını bildirmişlerdir. Tuzlulukla kuru domates meyvesinde şeker kapsamının arttığı, titre edilebilir asit, şeker kapsamı, C vitamini ve beta-karoten konsantrasyonundaki artışın nedeninin meyvede su kapsamının azalması olduğu da bildirilmiştir. (Passam ve ark., 2007). Bununla birlikte NaCl'e maruz bırakılmış domateste meyvede çözünebilir katı oranındaki artışın nedeni de meyveye su taşınımının azalmasına bağlanmış ve yinede domatesin tadının tuzlulukla iyileştiği bildirilmiştir (Passam ve ark., 2007). Tuzlulukla meyve kalitesindeki iyileşmenin nedeni meyvedeki şeker, organik asit ve amino asit kapsamındaki artışla ilgili bulunmuştur (Gough ve Hobson, 1990; Savvas, 2001). Orta seviyede tuzluluğun domates meyve kalitesini arttırdığı da belirtilmiştir (Savvas, 2001; Krauss ve ark., 2006). Besin çözeltilisinde tuzluluk konsantrasyonu tavsiye edilenin üzerinde artırıldığında birinci sınıf domates meyve oranında çoğu araştırmacılar artış sağlandığını bildirmişlerdir (Adams ve Ho, 1989; Adams, 1991). Bununla birlikte besin çözeltisi tuzluluğu domates meyve ağırlığında azalmaya sebebiyet vermiş (Chretien ve ark., 2000) ve çiçek burnu çürüklüğü görülen meyve sayısını artırdığı da (Sonneveld ve Van der Burg, 1991; Schwarz ve ark., 2001) bildirilmiştir. Sonuç olarak bazı durumlarda birinci sınıf meyve yüzdesi üzerine tuzluluğun uygun etkisi küçük meyvelerin ve çiçek burnu çürüklüğü görülen meyvelerin yüzde oranının artmasıyla etkisizleştiği belirtilmiştir (Chretien ve ark., 2000). Orta tuzluluğa domatesin maruz bırakılması halinde meyve kalitesi iyileşmiş, ürün azalmış fakat domates ürünündeki bu azalma diğer meyveli sebzelere göre daha az olduğu bildirilmiştir (Savvas, 2001). Bundan dolayı topraksız yetiştiricilikte domatesin besin çözeltilisinde tavsiye edilen tuzluluk düzeyi iki zıt etkinin arasında kalarak karar verilmelidir. Domates için uygun tuzluluk düzeyi normal besin çözeltilisinde 2.6 dS/m olan elektriksel iletkenlik (EC) değerini 3.5-3.7 dS/m değerlerine yükseltecek şekilde besin çözeltilisine tuz ilavesiyle ayarlanması gerektiği belirtilmiştir (Sonneveld ve Straver, 1994). Santamaria ve ark. (2004)'e göre gece boyunca yüksek EC'ye sahip gündüz ise düşük EC'ye sahip besin çözeltisi uygulamaları verimi etkilemeksizin meyve kalitesini iyileştirmiştir.

Orta seviyede tuzlu sulama suyunun domates kalitesini artırdığı verimi çok az etkilediği, domates meyve kalitesindeki iyileşmelerin kuru maddede şeker oranında ve titre edilebilir asidikte artış sağladığı (Petersen ve ark., 1998; De Pascale ve ark., 2001) askorbik asit (C vitamini), likopen gibi

antioksidanların artırdığı bildirilmiştir. (De Pascale ve ark., 2001; Dorais ve ark., 2001, 2008; Dumas ve ark., 2003; Krauss ve ark., 2006).

Tuz stresi; değişik tuzların gelişme ortamında bitkinin büyümesini engelleyebilecek konsantrasyonlarda bulunması olarak tanımlanmış, bu tuzların genelde klorürler, sülfatlar, karbonatlar, bikarbonatlar ve boratlar olduğu belirtilmiştir. Bitkileri tuz osmotik ve toksik olmak üzere iki şekilde etkilemektedir (Koçaçalışkan, 2003; Kuşvuran, 2010).

Cerda ve ark. (1995), bitki gelişmesi üzerinde tuzun zararlı etkisinin iyonik dengesizlikten özellikle kalsiyum (Ca²⁺) ve potasyum (K⁺) dengesizliğine sebep olduğundan ileri geldiğini bildirmişlerdir. Tuzlu besin çözeltisinde Na⁺/Ca²⁺ ve Na⁺/K⁺ oranlarının yüksek olması halinde membran geçirgenliğinin arttığı, köklerde ve gövde+yaprakta Na⁺ ve Cl⁻'ün biriktiği belirtilmiştir (Lutts ve ark., 1996).

Sodyum klorürün sebep olduğu başlıca sekonder etkileri; deoksiribo nükleik asit (DNA), protein, klorofil ve zar fonksiyonuna zarar veren aktif oksijen türlerinin (AOT) sentezifotosentezin inhibisyonu, metabolik toksite, K alımının engellenmesi ve hücre ölümü olarak sayılabilir (Botella ve ark., 2005; Hong ve ark., 2009). Tuz stresi sonucu oluşan AOT'nin osmotik strese, iyonik strese ve reaktif oksijen türlerinin oluşumuna sebep olarak bitkiye zarar verdiği belirtilmiştir (Shalata ve Tal, 1998; Mittler, 2002).

Bu çalışmanın amacı substrat kültüründe domates bitkisinin verim ve meyve kalitesi üzerine besin çözeltisine artan dozlarda ilave edilen NaCl'ün etkilerini belirlemektir.

2. Materyal ve Yöntem

Denemede katı ortam olarak torf (pH'sı 5.5, kation değişim kapasitesi (KDK) 130 me/100g, hacim ağırlığı 80 g/l, su tutma kapasitesi kuru ağırlığının 8 katı ve tuzsuz) ve perlit 1:1 oranında karıştırılarak hazırlanan harç kullanılmıştır. Çapı 16.5 cm ve derinliği 19.0 cm olan 3 litrelik saksılara 770 g mutlak kuru harç konulmuştur. İyi bir drenaj için saksıların dibi delinmiştir.

Domates için besin çözeltisinin makro element içeriği Montesano ve Van Iersel (2007)'ye göre, bu çözeltinin mikro element içeriği belirtilmediğinden Hoagland ve Arnon (1950)'a göre besin çözeltisine mikro element ilavesi yapılmıştır.

Besin çözeltisinde makro ve mikro besin element kapsamları aşağıda verilmiştir

11.1 mM NO₃⁻; 0.87 mM H₂PO₄⁻; 6.37 mM K⁺; 2.8 mM Ca²⁺; 1.71 mM Mg²⁺; 1.71 mM SO₄²⁻; 2.5 mg/L Fe²⁺; 0.5 mg/L Mn²⁺; 2.73 mg/L HBO₃²⁻; 0.02 mg/L Cu²⁺; 0.05 mg/L Zn²⁺; 0.017 mg/L MoO₄²⁻, dir.

Bu besin çözeltisini hazırlamak için kalsiyum nitrat tetra hidrat (Ca(NO₃)₂.4H₂O), potasyum dihidrojen fosfat (KH₂PO₄), potasyum nitrat (KNO₃), magnezyum nitrat hepta hidrat (MgSO₄.7H₂O), mangan klorür dihidrat (MnCl₂.2H₂O), borik asit (H₃BO₃), çinko sülfat hepta hidrat (ZnSO₄.7H₂O), bakır sülfat penta hidrat CuSO₄.5H₂O, amonyum molibdat tetra hidrat ((NH₄)₆Mo₇O₂₇.4H₂O), etilendiamino dio hidroksi fenil asetik asidin demir tuzu (Fe-EDDHA) kullanılmıştır. Besin çözeltisine 0 (kontrol), 14.1, 44.4 ve 70.4 mM dozlarında NaCl ilave edilmiştir.

Besin çözeltisinin sodyum adsorbsiyon oranı (SAR)= Na(me/L) / √Ca+Mg/2(me/L)'dir.

Denemede farklı konular üç tekerrürlü olarak uygulanmış, Tybiff Aq domates çeşiti fideleri Antalyada fide deposu firmasından temin edilmiş ve 15/04/2013 tarihinde her saksıya bir bitki gelecek şekilde dikilmiştir. Besin çözeltisi uygulamaları dikimle beraber başlatılmış, her saksıya toplam 35 gün 20/05/2013 tarihine kadar her gün 100 mL besin çözeltisi, 20/05/2013 tarihinden itibaren çiçeklenmeden veya meyve tutumu başlangıcından sonra ise bitki başına her saksıya günde 200 mL besin çözeltisi uygulanmıştır.

Bütün denemelerde saksılar her gün tartılarak sulanmış ve ortam sürekli tarla kapasitesinde tutulmaya çalışılmıştır. Bitkilerin ileri ki dönemlerinde su stresine maruz kalmaması için en az drene olacak şekilde sulama yapılmıştır.

Denemede yetiştirilen domates bitkisinin son meyve hasatı 17/07/2013 tarihinde yapılmış ve taze meyve ağırlıkları ölçülmüştür. Hasat yapıldıktan sonra gövde, yaprak ve kök örnekleri alınmış, 65 °C'de kurutulduktan sonra gövde+yaprak ve kök kuru ağırlıkları ölçülmüştür.

Meyvede çözünebilir katılar (brix) tayini refraktometre ile meyve suyunda pH cam elektrotlu pH metre ile ölçülerek tayin edilmiştir. Bitki başına çiçek burnu çürüklüğü (ÇBÇ) görülen meyve sayısı her bitkide konulara bağlı olarak çürümüş meyveler sayılarak belirlenmiştir. Besin çözeltisine değişik dozlarda ilave edilen NaCl'ün domates bitkisinin meyve, gövde+yaprak ve kök kuru madde ağırlıkları bakımından tuz tolerans indis değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (Van Hoorn ve Van Alpen, 1990).

Tuz tolerans indisi, % = A/Bx100

A: Besin çözeltisine tuz ilave edilmesi halinde elde edilen ürün (g/saksı)

B: Tuzsuz (kontrol) elde edilen ürün (g/saksı)

Besin çözeltisine ilave edilen NaCl'ün domatesin verim, kalite ve beslenmesi üzerine etkileri, tesadüf parselleri deneme desenine göre, SPSS 17.0 versiyon paket programı yardımıyla tek yönlü ANOVA varyans

analizi kullanılarak en küçük önem farkı (LSD) testi ile $P < 0.05$ seviyesinde değerlendirilmiştir (Yurtsever, 1982).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Artan dozlarda ilave edilen NaCl'ün besin çözeltisinin pH, EC ve SAR değerine etkisi

Artan dozlarda ilave edilen NaCl'ün miktarına bağlı olarak besin çözeltisinin pH'sı doz sırasına göre 6.09, 6.00, 5.94 ve 5.87; EC'si 1.63, 2.08, 4.31 ve 7.10 dS/m; SAR değeri 0, 6.65, 20.94 ve 33.21 şeklinde değişmiştir. Besin çözeltisine NaCl ilavesi pH'sını önemli derecede etkilememiş, fakat EC'sini ve SAR değerini artırmıştır.

3.2. Farklı tuz uygulamalarının domates bitkisinin gelişimi, meyve verimi ve kalitesi üzerine etkisi

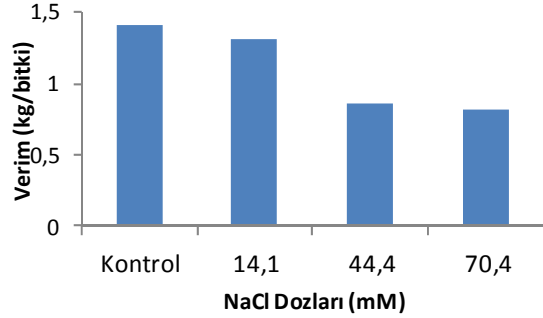
Besin çözeltisine NaCl artan dozlarda ilave edildiğinde elde edilen domates verimine, gövde + yaprak ve kök kuru madde miktarlarına ve meyvede çözünebilir katılar (% brix), meyve suyu pH'sı ve meyvede çiçek burnu çürüklüğü sayısına ilişkin ortalamalar Çizelge 1'de verilmiştir.

Artan dozlarda ilave edilen NaCl'ün domatesin verimi, gövde + yaprak, kök kuru madde miktarı, meyvede çözünebilir katılar oranı (%), meyve suyu pH'sı ve meyvede çiçek burnu çürüklüğüne etkisi 0.01 düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Besin çözeltisine 14.1 mM NaCl ilavesi sonucu kontrole göre meyve verimindeki azalma önemsiz bulunmuş ancak 44.4 ve 70.4 mM NaCl ilavesi verimi istatistiksel olarak 0.01 seviyesinde önemli derecede azaltmıştır (Şekil 1)

Verim yönünden ele alındığında domates bitkisinin 14.1, 44.4, 70.4 mM NaCl dozlarında tuz tolerans indis değerleri sırasıyla %92.91, %60.99, %57.45 bulunmuştur. Diğer bir ifade ile 14.1, 44.4 ve 70.4 mM dozlarında NaCl ilavesi verimde sırasıyla % 7.09, %39.01 ve %42.55 verim kaybına sebep olmuştur (Çizelge 2).

Deneme esnasında yapılan gözlemlerimize istinaden besin çözeltisine 14.1 mM NaCl ilavesi verim açısından problem oluşturmamış, bu doz domatesin NaCl'e tolere dozu olarak kabul edilmiştir.



Şekil 1. Besin çözeltisine artan dozlarda ilave edilen NaCl'ün domates verimine etkisi

Gelişme ortamında düşük miktarda bulunan Na bitkilerin gelişmesini, büyümesini hızlandırdığı ayrıca organoleptik özelliklerini iyileştirdiği bildirilmiştir (Satti ve ark., 1996). Bununla birlikte toprakta yüksek Na'ın gelişmeyi inhibe ederek ürünü azalttığı da bildirilmiştir (Graifenberg ve ark., 1993,1996).

Shalhevet ve Yaron (1973), domates için zarar vermeyen EC değerinin 2.5 dS/m olduğunu, 3.5 dS/m düzeyinde %10; 5 dS/m düzeyinde %25; 7.6 dS/m düzeyinde %50 verim kaybı olduğunu bildirmişlerdir.

Yapılan bir çok çalışmada kök ortamında yüksek EC'nin domateste meyvenin organoleptik özelliğini artırdığı, meyve büyüklüğünü ve verimini azalttığı rapor edilmiştir (Sonneveld, 1988; Sonneveld ve Van Der Brug, 1991; Shi ve Tadashi, 2001; Nukaya ve ark., 1995; Auerswald ve ark., 1999).

Besin çözeltisine 14.1 mM NaCl ilavesi gövde + yaprak kuru madde miktarını kontrole göre önemli derecede artırmış, ancak 44.4 ve 70.4 mM NaCl ilavesi ise gövde + yaprak kuru madde miktarını önemli derecede azaltmıştır (Şekil 2).

Çizelge 1. Besin çözeltisine artan dozlarda ilave edilen NaCl'ün domatesin verimine, gövde + yaprak, kök kuru madde miktarlarına ve meyvede bazı kalite özelliklerine etkisi

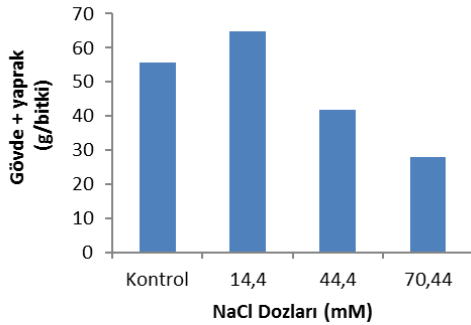
NaCl dozları (mM)	Verim (kg/bitki)	Gövde+yaprak kuru madde (g/bitki)	Kök kuru madde (g/bitki)	Meyvelerde çözünebilir katılar (% brix)	Meyve suyu pH'sı	Çiçek burnu çürüklüğü görülen meyve sayısı/bitki
0	1.41a*	55.66b	7.78a	4.30c	4.29a	7.00b
14.1	0.86b	64.81a	8.66a	6.27b	4.06b	7.33b
44.4	1.31a	41.77c	7.70a	7.80a	4.05b	13.66a
70.4	0.81b	27.81d	4.99b	6.33b	3.92b	5.00b
LSD _{0,05} :0.24		LSD: 5.33	LSD: 1.76	LSD: 0.61	LSD: 0.15	LSD: 3.08

*: Aynı sütunda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki bakımdan % 5 seviyesinde önemsizdir.

Çizelge 2. Farklı NaCl dozlarında domatesin meyve verimi, gövde + yaprak, kök kuru madde miktarları bakımından tuz tolerans indis değerleri

NaCl Dozları mM	Meyve verimi		Gövde + yaprak		Kök	
	Tuz toleransı, %	Değişim, %	Tuz toleransı, %	Değişim, %	Tuz toleransı, %	Değişim, %
0	-	-	-	-	-	-
14.1	92.91	-7.09	111.5	+11.5	111.3	+11.3
44.4	60.99	-39.01	71.88	-28.12	98.97	-1.03
70.4	57.45	-42.55	47.86	-52.14	64.14	-35.86

Gövde + yaprak kuru madde miktarı yönünden domates bitkisinin 14.1, 44.4 ve 70.4 mM NaCl dozlarında tuz tolerans indis değerleri sırasıyla %111.53, %71.88 ve %47.86 bulunmuştur. Diğer bir ifade ile 14.1 mM dozunda NaCl ilavesi gövde+yaprak kuru madde miktarında %11.53'lük artış sağlanmış, buna karşın 44.4, 70.4 mM NaCl ilavesi gövde+yaprak kuru madde miktarında sırasıyla %28.12 ve %52.14 oranlarında kuru madde kaybına sebep olmuştur (Çizelge 2). Besin çözeltisine 14.1 mM NaCl ilavesi verimde olduğu gibi gövde+yaprak kuru madde miktarı açısından da problem oluşturmamıştır.



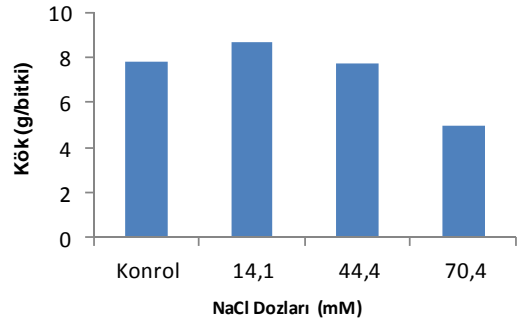
Şekil 2. Besin çözeltisine artan dozlarda ilave edilen NaCl'ün domateste gövde + yaprak kuru madde miktarına etkisi

Gövde + yaprak kuru madde miktarı yönünden domates bitkisinin 14.1, 44.4 ve 70.4 mM NaCl dozlarında tuz tolerans indis değerleri sırasıyla %111.53, %71.88 ve %47.86 bulunmuştur. Diğer bir ifade ile 14.1 mM dozunda NaCl ilavesi gövde+yaprak kuru madde miktarında %11.53'lük artış sağlanmış, buna karşın 44.4, 70.4 mM NaCl ilavesi gövde+yaprak kuru madde miktarında sırasıyla %28.12 ve %52.14 oranlarında kuru madde kaybına sebep olmuştur (Çizelge 2). Besin çözeltisine 14.1 mM NaCl ilavesi verimde olduğu gibi gövde+yaprak kuru madde miktarı açısından da problem oluşturmamıştır.

Kacar ve Katkat (2010) bitki gelişmesi üzerine Na'un etkisi ortamda yeterli düzeyde K'un

bulunmaması durumunda daha belirgin olduğunu belirtmiştir. Yazarlar ayrıca 0.025 mol/m³ gibi en düşük düzeyde K içeren besin çözeltisine Na verilmeyene göre 0.43 mol/m³ Na verilmesi durumunda çeltik dane verimi % 139 artarken, besin çözeltisinde K konsantrasyonu 2.50 mol/m³ olduğu zaman bu etkinin negatif olduğu, ortamda yeterli düzeyde K'un bulunmaması durumunda Na'un etkinliğinin olumlu ve önemli olduğunu da belirtmişlerdir.

Besin çözeltisine NaCl artan dozlarda ilave edildiğinde 14.1 ve 44.4 mM NaCl dozlarının kontrole göre kök kuru madde miktarındaki değişimler önemsiz bulunmuş 70.4 mM NaCl dozu kök kuru madde miktarı istatistiksel olarak önemli derecede azaltmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Besin çözeltisine artan dozlarda ilave edilen NaCl'ün domates kök kuru madde miktarına etkisi

Kök kuru madde miktarı yönünden domates bitkisinin 14.1, 44.4 ve 70.4 mM NaCl dozlarında tuz tolerans indis değerleri sırasıyla %111.31, %98.97 ve %64.14 bulunmuştur. Diğer bir ifade ile 14.1 mM dozunda NaCl ilavesi kök kuru madde miktarında %11.31 artış sağlarken 44.4 mM NaCl dozunda %1.03'lük az bir azalma oluşturmuş, 70.4 mM NaCl ilavesi ise kök kuru madde miktarında %35.86'lık bir azalma meydana getirmiştir (Çizelge 2). Deneme esnasında yaptığımız gözlemler neticesinde besin çözeltisine 14.1 ve 40.1 mM NaCl ilavesi kök kuru madde miktarı açısından problem oluşturmamıştır.

Tuz stresi, hücre bölünmesini ve uzamasını

etkileyerek bitkilerde kök ve gövdede hücre sayısının, metabolik aktivitenin ve hücre bölünme oranının azalmasına neden olur (Bursens ve ark., 2000). Buna bağlı olarak bitkinin gövde ile kök uzunluğunda ve ağırlığında azalma; yapraklarda küçülme ve incelme ile sayılarında azalma, yaprak yüzeyinde bulunan mumsu tabaka ile kütikula tabakasında incelme ve vasküler doku farklılaşmasında ve gelişiminde azalma meydana gelir. Ayrıca erken dönemde kökte lignifikasyon oluşumu da gözlenir (Mohammad ve ark., 1998; Reddy ve Iyengar, 1999).

Direkt NaCl'e olarak maruz kalan kök sistemlerinden primer kök sisteminin büyümesi, hücre genişlemesi ve hücre döngüsünü baskılaması sonucunda doğrudan engellenir (Wang ve ark., 2009). Kök sistemi tuzluluğa doğrudan maruz kalmasına karşın, yaprak büyümesi tuz stresine karşı kök büyümesinden daha duyarlıdır ve bu nedenle tuz stresinde bitkilerde kök/sürgün oranı artar. Bu artışın mekanizması henüz açıklanamamış olmasına rağmen, tuzluluk karşısında kök ile yaprağın hücre duvarlarında farklı değişimlerin meydana gelmesi buna neden olarak gösterilmektedir (Munns ve Tester, 2008). Tuzluluk bitkilerde üretken çiçek sayısında azalmalara ve çiçeklenme zamanında değişimlere de neden olur (Munns, 2002).

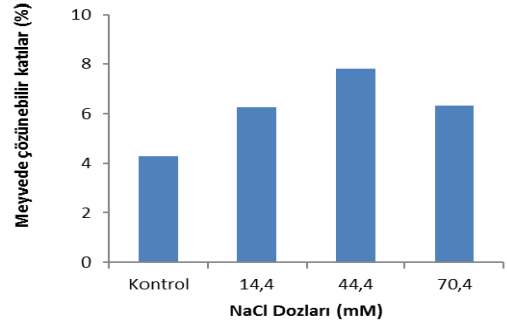
Besin çözeltisinde NaCl dozu arttıkça meyvede çözünebilir katı kapsamı (% brix) artmıştır. Kontrolde meyvede %4.30 seviyesinde belirlenen % brix değeri, 44.4 mM NaCl dozunda %7.80'e yükselerek en yüksek değerine ulaşmıştır (Şekil 4).

Leonardi ve ark. (2004), besin çözeltisinde NaCl kapsamına bağlı olarak domatesin meyve kalitesini inceledikleri çalışmada besin çözeltisinin EC'si 2.7, 4.5, 6.0, 7.5 ve 8.6 dS/m şeklinde artırılmış, NaCl'ün verimde azalma, fakat meyvede çözünebilir katı ve kuru madde kapsamında artış sağladığı bildirmişlerdir. Araştırmacılar tuz stresinin domatesin verim düzeyini de negatif olarak etkilediğini bildirmişlerdir.

Thybo ve ark. (2006), sera domateslerinde çözünebilir katı değerlerinin %4.3-5.0 arasında olduğunu Peet ve ark. (2004) ise 3.8-4.7 arasında olduğunu bildirmişlerdir. Meyvede çözünebilir katı konsantrasyonunun ve antioksidan kapsamının tuz seviyesi arttıkça arttığı bildirilmiştir (Mizrahi ve Pasternak, 1985; Cuartero ve Fernandez-Munoz, 1999; De Pascale ve ark., 2001). Ayrıca araştırmacılar, tuzun domateste verimi azalttığı ve çiçek burnu çürüklüğüne neden olduğunu da bildirmişlerdir.

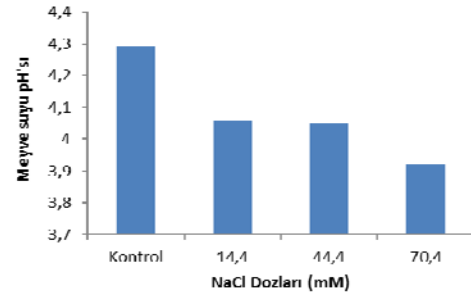
Meyve suyu pH'sı besin çözeltisine ilave edilen NaCl'ün etkisi ile kontrole göre önemli miktarda azalmıştır (Şekil 5).

Meyve suyu pH'sı kontrolde 4.29 bulunmuş, 14.1, 44.4 ve 70.4 mM NaCl dozlarında azalma göstererek sırasıyla 4.06, 4.05 ve 3.92 bulunmuştur.

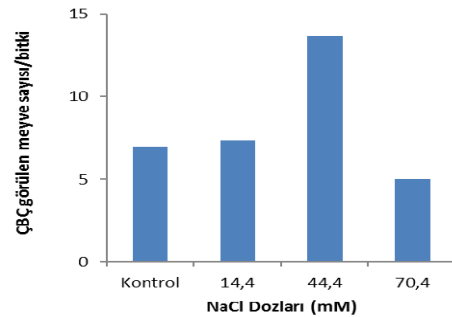


Şekil 4. Besin çözeltisine artan dozlarda ilave edilen NaCl'ün domates meyvesinde çözünebilir katılar (brix) oranına etkisi

Bitki başına çiçek burnu çürüklüğü görülen meyve sayısında, besin çözeltisine ilave edilen NaCl dozlarının 14.1 ve 70.4 mM seviyelerinde kontrole göre değişimler önemli bulunmazken, 44.4 mM NaCl dozunda önemli şekilde artmıştır (Şekil 6).



Şekil 5. Besin çözeltisine artan dozlarda ilave edilen NaCl'ün domates meyvesi suyunun pH'sına etkisi.



Şekil 6. Besin çözeltisine artan dozlarda ilave edilen NaCl'ün domateste çiçek burnu çürüklüğü görülen meyve sayısına etkisi

Bitki başına çiçek burnu çürüklüğü görülen ortalama meyve sayısı kontrolde 7; 14.1 mM NaCl dozunda 7.33; 44.4 mM NaCl dozunda 13.66; 70.4

mM NaCl dozunda ise ortalama 5 bulunmuştur.

Sodyum klorürün 14.1 ve 70.4 mM dozlarında çiçek burnu çürüklüğüne etkisi kontrole göre önemsiz 4.44 mM NaCl dozunda ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Domateste tuzun verimi azalttığı, çiçek burnu çürüklüğüne neden olduğundan zararlı olduğu, fakat meyvede çözünebilir katılar konsantrasyonunu ve antioksidan kapsamını artırdığından (Mizrahi ve Pasternak, 1985; Cuartero ve Fernandez-Munoz, 1999; De Pascale ve ark., 2001) ve asiditeyi artırdığından da faydalı olduğu bildirilmiştir (Vinten ve ark., 1986; De Pascale ve ark., 2001).

4. Sonuç

İlave edilen NaCl besin çözeltisinin pH değerlerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Sodyum klorür miktarı arttıkça besin çözeltisinin EC ve sodyum adsorpsiyon oranı değerleri artmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, 14,1 mM NaCl ilavesi verimi % 709 oranında azaltırken, gövde + yaprak ve kök kuru madde miktarlarında artış (sırasıyla %11.53 ve %11.31) sağlamıştır. Bu doz (14.1 mM NaCl) domates için NaCl'e tolere doz olarak kabul edilmiş ve domatese zarar vermeyen NaCl dozu olarak önerilmiştir. Sodyum klorürün 44.4 mM dozunda meyve veriminde, gövde + yaprak ve kök kuru madde miktarlarında (sırasıyla %39.01, %28.12 ve %1.03) kayba neden olmuş, en fazla kayıp meyve veriminde; daha sonra sırasıyla gövde + yaprak ve kök kuru madde miktarlarında görülmüştür. Sodyum klorürün 70,4 mM dozunda meyve veriminde, gövde + yaprak ve kök kuru madde miktarlarında (sırasıyla %42.55, %52.14 ve %35.86) kayba neden olmuş, en fazla kayıp gövde + yaprakta, daha sonra sırasıyla meyve veriminde ve kökte görülmüştür. Besin çözeltisine 44.4 ve 70.4 mM NaCl ilave edildiğinde domate bitkisinin tuz toleransını artırıcı bileşiklerin veya gübrelerin ilavesi önerilmiştir.

Domateste çözünebilir katılar oranını (%) artırmak için 44.4 mM NaCl dozu önerilmiştir. Domates yetiştiriciliğinde kullanılan besin çözeltisine NaCl ilavesi meyvede pH'yı düşürmüştü ve asiditeyi artırmıştır. Fakat besin çözeltisine 44.4 mM NaCl dozu çiçek burnu çürüklüğünü artırarak zararlı olmuştur. Bu yüzden besin çözeltisine NaCl ilave edildiğinde silisyum, kalsiyum veya humik asit ilaveli edilebileceği önerilmiştir.

Kaynaklar

Adams, P., 1991. Effect of increasing the salinity of nutrient solution with major nutrients or sodium chloride on the yield, quality and composition of tomatoes grown in

- rockwool. *Journal of Horticultural Science*, 66: 201-207.
- Adams, P., Ho, L.C., 1989. Effect of constant and fluctuating salinity on the yield, quality and calcium status of tomatoes. *Journal of Horticultural Science*, 64: 725-732.
- Auerswald, H., Schwarz, D., Kornelson, C., Krumbein, A., Brückner, B., 1999. Sensory analysis, sugar and acid content of tomato at different EC values of the nutrient solution. *Scientia Horticulturae*, 82: 227-242.
- Botella, M.A., Del Amor, F., Amoros, A., Serrano, M., Martinez, V., Cerda, A., 2000. Polyamine, ethylene and other physico-chemical parameters in tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruits as affected by salinity. *Physiologia Plantarum*, 109: 428-434.
- Botella, M.A., Rosado, A., Bressan, R.A., Hasegawa, P.M., 2005. Plant Adaptive Responses to Salinity Stress, *Plant Abiotic Stress*, Blackwell Publishing Ltd., 270p.
- Bursens, S., Engler, J.D., Beeckman, T., Richard, C., Shaul, O., Ferreira, P., Van Montagu, M., Inzé, D., 2000. Developmental expression of the *Arabidopsis thaliana* CycA2;1 gene. *Planta*, 211: 623-631.
- Cerda, A., Pardines, J., Botella, M.A., Martinez, V., 1995. Osmotic sensitivity in relation to salt sensitivity in germination of barleyseeds. *Plant Cell Environ.*, 9: 721-725.
- Chretien, S., Gosselin, A., Dorais, M., 2000. High electrical conductivity and radiation-based water management improve fruit quality of greenhouse tomatoes grown in rockwool. *HortScience*, 35: 627-631.
- Cramer, M.D., Oberholzer, J.A., Combirink, N.J.J., 2001. The effect of supplementation of root zone dissolved inorganic carbon on fruit yield and quality of tomatoes (cv 'Daniella') grown with salinity. *Scientia Horticulturae*, 89: 269-289.
- Cuartero, J., Fernandez-Munoz, R., 1999. Tomato and salinity. *Sci. Hort.*, 78: 83-125.
- De Pascale, S., Maggio, A., Fogliano, V., Ambrosino P., Ritieni, A., 2001. Irrigation with saline water improves carotenoids content and antioxidant activity of tomatoes. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 76: 447-453.
- Dorais, M., Ehret, D., Papadopoulos, A., 2008. Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: from the seed to the consumer. *Phytochemistry Reviews*, 7: 231-250.
- Dorais, M., Papadopoulos, A., Gosselin, A., 2001. Influence of electric conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality. *Agronomie*, 21: 367-383.
- Dumas, Y., Dadomo, M., Di Lucca, G., Grolier, P., 2003. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83: 369-382.
- Ehret, D.L., Ho, L.C., 1986. The effect of salinity on dry matter partitioning and fruit growth in tomatoes grown in nutrient film culture. *Journal of Horticultural Science*, 61: 361-367.
- Gough, C., Hobson, G.E., 1990. A comparison of the productivity, quality, shelf-life characteristics and consumer reaction to the crop from cherry tomato plants grown at different levels of salinity. *Journal of Horticultural Science*, 65: 431-439.
- Graifenberg, A., Botrini, L., Giustiniani, L., Lipucci di Paola, M., 1996. Yield growth element content of

- zucchini squash grown under saline sodic conditions. *J. Hort. Sci.*, 71: 305-311.
- Graifenberg, A., Lipucci di Paola, M., Giustiniani, L., Temperini, O., 1993. Yield and growth of globe artichoke under saline-sodic conditions. *HortScience*, 28: 791-793.
- Gül, A., 2012. *Topraksız Tarım. Hasad Yayıncılık 2. Baskı*, ISBN:978-975-8377-83.
- Hoagland, D.R., Arnon, D.I., 1950. The water culture method for growing plants without soil. *Calif Agr. Expt. Sta. Circ.* 347.
- Hong, C.Y., Chao, Y.Y., Yang, M.Y., Cho, S.C., Kao, C.H., 2009. Na⁺ but not Cl⁻ or osmotic stress is involved in NaCl induced expression of glutathione reductase in roots of rice seedlings. *Journal of Plant Physiology*, 166: 1598-1606.
- Kacar, B., Katkat, V.A., 2010. *Bitki Besleme. Nobel Yayın No:849, Fen Bilimleri: 30, 5.Baskı Nobel Yayıncılık, ISBN: 978-975-591-834-4.*
- Kocaçalışkan, İ., 2003. *Bitki Fizyolojisi. DPÜ Fen-Edebiyat Fakültesi Yayını*, 420. Erzurum.
- Krauss, S., Schnitzler, W.H., Grassmann, J., Woitke, M., 2006. The influence of different electrical conductivity values in a simplified recirculating soilless system on inner and outer fruit quality characteristics of tomato. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 441-448.
- Kuşvuran, Ş., 2010. *Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.*
- Leonardi, C., Martorana, M., Giuffrida, F., Fogliano, V., Pernice, R., 2004. Tomato Fruit Quality in relation to the content of sodium chloride in the nutrient solution. *Acta Hort.*, 659:769-774.
- Lutts, S., Kinet, J.M., Bouharmont, J., 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Ann. Bot.*, 78: 389-398.
- Mittler, R., 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*, 7: 405-410.
- Mizrahi, Y., Pasternak, D., 1985. Effect of salinity on quality of various agricultural crops. *Plant Soil*, 89: 301-307.
- Mohammad, M. (Rusan), Shibli, R., Ajlouni, M., Nimri, L., 1998. Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. *J. Plant Nutrition*, 21(8):1667-1680.
- Montesano, F., Van Iersel, M.W., 2007. Calcium Can Prevent toxic effects of Na⁺ on tomato leaf photosynthesis but does not restore growth. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 132(3): 310-318.
- Munns, R., Tester, M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 651-681.
- Munns, R., 2002. Comparative Physiology of salt and water stress. *Plant Cell and Environment*, 25: 239-250.
- Nukaya, A., Goto, K., Jang, H., Kano, A., Ohkawa, K., 1995. Effect of K-Ca ratio in the nutrient solution on the incidence of blossom-end rot and gold specks on tomato fruit grown in rockwool. *Acta Hort.*, 396: 123-130.
- Passam, H.C., Karapanos, I.C., Bebeli, P.J., Savvas, D., 2007. A review of recent research on tomato nutrition, Breeding and post-harvest technology with reference to fruit quality. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 1(1): 1-21, Global Science Books.
- Peet, M.M., Harlow, C.D., Larrea, E.S., 2004. Fruit quality and yield in five small-fruited greenhouse tomato cultivars under high fertilization regime. *ActaHort.*, 659: 811-818.
- Petersen, K.K., Willumsen, J., Kaack, K., 1998. Composition and taste of tomatoes as affected by increased salinity and different salinity source. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 73: 205-215.
- Reddy, M., Iyengar, E., 1999. Crop responses to salt stress: Seawater application and prospects. In: Pessaraki, M. (ed.), *Handbook of plant and crop stress*, Second Edition, Marcel Dekker, Inc. NY, USA. P. 1041-1068.
- Santamaria, P., Cantore, V., Conversa, G., Serio, F., 2004. Effect of night salinity level on water use, physiological responses, yield and quality of tomato. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79: 59-66.
- Satti, S.M.E., Al-Yhyai, R.A., Al-Said, F., 1996. Fruit quality and partitioning of mineral elements in processing tomato in response to saline nutrients. *J. Plant Nutr.*, 19(5): 503-510.
- Savvas, D. 2001. Nutritional Management of Vegetables and Ornamental Plants in Hydroponic, In : Dris R, Niskanen R, Jain SM (Eds), *Crop Management and Postharvest Handling of Horticultural Products, Volume 1, Quality Management*, Science Publishers, Enfield, NH, USA, pp 37-87.
- Schwarz, D., Kläring, H.P., Ingram, K.T., Hung, Y.C., 2001. Model-based control of nutrient solution concentration influences tomato growth and fruit quality. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 126: 778-784.
- Sevgican, A., 1999. Örtüaltı Sebzeçiliği (Topraksız Tarım), Cilt-II. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:526, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova-İzmir.
- Shalata, A., Tal, M., 1998. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in the leaf of the cultivated tomato and its wild salt tolerant relative *Lycopersicon pennellii*. *Physiologia Plantarum*, 104: 169-174.
- Shalhevet J., Yaron, B., 1973. Effect of soil and water salinity on tomato growth. *Plant Soil*, 39: 285-292.
- Shi, H.X., Tadashi, I., 2001. Influence of different concentrations of nutrient solution and salt supplement on tomato fruit quality and yield. *China Vegetables*, 4: 9-11. (in Chinese).
- Sonneveld, C., Straver, N., 1994. Nutrient solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates, (10th Edn) Serie, Voedingsoplossingen Glasstuinbouw, No:8, PBG Naaldwijk-PBG Aalsmeer, The Netherlands, 45 pp.
- Sonneveld, C., Van der Burg, A.M.M., 1991. Sodium chloride salinity in fruit vegetable crops in soilless culture. *Neth. J. Agric. Sci.*, 39: 115-122.
- Sonneveld, C., 1988. The salt tolerance of greenhouse crops. *Neth. J. Agric. Sci.*, 36: 63-73.
- Thybo, A.K., Edelenbos, M., Christensen, L.P., Sorensen, J.N., Thorup-Kristensen, K., 2006. Effect of growing systems on sensory quality and chemical composition of tomatoes. *LWT*, 39: 835-843.

- Van Hoorn, J.W., Van Alpen, J.G., 1990. Salinity Control, Salt Balance and Leaching Requirement of Irrigated Soils. 29th Int. Course Land Drainage, Lecture Notes, Wageningen.
- Vinten, A., Shalhevet, J., Meiri, A., Peretz, J., 1986. Water and leaching requirements of industrial tomatoes irrigated with brackish water. *Irrigation Science*, 7: 13-25.
- Wang, S., Kurepa, J., Smalle, J.A., 2009. The Arabidopsis 26S proteasome subunit RPN1a is required for optimal plant growth and stress responses. *Plant Cell Physiol.*, 50: 1721-1725.
- Yurtsever, N., 1982. Tarla Deneme Tekniği. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Yayın No: 91, Ankara.